

PUB-NO: DE004305693A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 4305693 A1

TITLE: Colour value calibration - uses conversion  
table for  
scanned values to be corrected into values for  
colour  
separation appts. for printing plates

----- KWIC -----

Abstract Text - FPAR (1):

CHG DATE=19990617 STATUS=0>To calibrate values on conversion from  
a colour  
range into a second colour range, for appts. and systems, a  
conversion table is  
calculated, and stored from the colour values (R,G,B) for the colour  
range of  
the functional values ( L star j (s), a star j (s)) of the colour  
range  
associated with the input unit (1,2,3) with allowance for the  
spectral and  
electrical characteristics of the input (1,2,3). For the colour  
values of the  
original range, a number (j) of defined test colours in a test piece  
are  
scanned opto-electronically (1,2,3) using a test piece with the same  
material  
characteristics as the original to be scanned. The functional values  
are  
compared with exactly measured values (L star m (s), a star m (s), b  
star m  
(s)) of matching test colours for a given lighting, with colorimetric  
measurement. From the comparison, colour difference correction  
colour values  
are calculated (delta L star rgb, delta a star (rgb(s), delta b star  
(rgb (s))  
for the stored values in the conversion table. Also claimed is an  
appts. with  
an interpolator as a correction unit with a second table memory for  
the  
corrected colour values (L star kor, a star kor, b star kor).  
USE/ADVANTAGE -  
The technique is for the calculation of colour values as an original,  
for  
conversion to the appts. to give the colour separations for the  
printing  
plates.

Title of Patent Publication - TTL (1):

Colour value calibration - uses conversion table for scanned values to be corrected into values for colour separation appts. for printing plates



⑪ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 05 693 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 03 F 3/08**  
G 03 F 1/00  
H 04 N 1/46  
// G 06 F 15/68

②① Aktenzeichen: P 43 05 693.8  
②② Anmeldetag: 25. 2. 93  
②③ Offenlegungstag: 7. 10. 93

DE 43 05 693 A 1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
06.04.92 DE 42 11 453.5

⑦① Anmelder:  
Linotype-Hell AG, 65760 Eschborn, DE

⑦② Erfinder:  
Bestmann, Günter, 2300 Altenholz, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Einrichtung zur Kalibrierung von Farbwerten

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Kalibrierung von Farbwerten bei der Farbumsetzung in Geräten und Systemen für die Bildverarbeitung. Durch Abtastung einer geeigneten Testvorlage mit einer Vielzahl von Farbfeldern in einem Bildeingabegerät werden Farbmeßwerte eines geräteabhängigen Eingabe-Farbraumes gewonnen. Die Farbmeßwerte werden in einem Eingabe-Farbumsetzer mittels einer analytisch näherungsweise berechneten Umsetzungs-Tabelle in Farbwerte eines geräteunabhängigen Kommunikations-Farbraumes transformiert. Die näherungsweise Berechnung der Umsetzungs-Tabelle erfolgt unter Berücksichtigung der Vorverzerrung der Farbmeßwerte und der spektralen Eigenschaften des jeweiligen Eingabegerätes. Die transformierten Farbwerte werden mit den farbmetrisch definierten und beispielsweise mittels eines Spektralphotometers ausgemessenen Farbwerten der Testvorlage verglichen. Aus den Farbwertdifferenzen werden nach dem erfindungsgemäßen Verfahren Korrekturfärbwerte für die dreidimensionale Umsetzungs-Tabelle des Eingabe-Farbumsetzers durch eine Fehlerausgleichsrechnung bestimmt.

DE 43 05 693 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der elektronischen Reproduktionstechnik und betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Kalibrierung von Farbwerten bei der Farbumsetzung in Geräten und Systemen für die Bildverarbeitung.

Die Reproduktionstechnik befaßt sich mit Verfahren zur Wiedergabe von Bildvorlagen im Druck, bei denen von einer Vorlage eine Kopiervorlage als Basis für eine Druckform angefertigt wird. In einer Druckmaschine erfolgt mittels der Druckform die Reproduktion der Vorlage.

Der Prozeß zur Herstellung einer Kopiervorlage besteht im allgemeinen aus den Schritten Bildeingabe, Bildbearbeitung und Bildausgabe.

Bei der Bildeingabe z. B. mittels eines Farbbildabtasters (Scanner) werden durch trichromatische sowie bildpunkt- oder zeilenweise optoelektronische Abtastung von zu reproduzierenden Farbvorgaben drei primäre Farbwertsignale (R, G, B) gewonnen, wobei die einzelnen Farbwerttripel die Farbanteile "Rot" (R), "Grün" (G) und "Blau" (B) der in der Farbvorgabe abgetasteten Bildpunkte repräsentieren. Die analogen Farbwertsignale werden in digitale Farbwerte umgewandelt und für die anschließende Bildbearbeitung gespeichert.

Bei der Bildbearbeitung werden die Farbwerte (R, G, B) in der Regel zunächst durch eine Basis-Farbkorrektur nach den Gesetzmäßigkeiten der subtraktiven Farbmischung in Farbauszugswerte (C, M, Y, K) umgesetzt, welche ein Maß für die Dosierung der im späteren Druckprozeß verwendeten Druckfarben "Cyan" (C), "Magenta" (M), "Gelb" (Y) und "Schwarz" (K) bzw. für die Rasterpunktgrößen oder Rasterprozent sind. Darüberhinaus werden bei der Bildbearbeitung weitere Farbkorrekturen durchgeführt mit dem Ziel, die Bildwiedergabe zu verbessern, Mängel auszugleichen oder redaktionelle Änderungen vorzunehmen.

Nach der Bildbearbeitung erfolgt die Bildausgabe mittels einer hierfür geeigneten Einheit, z. B. eines Farbauszugsbelichters (Recorder) für die gerasterte Aufzeichnung der Farbauszüge auf ein Aufzeichnungsmaterial (Film). Die heute üblichen Verfahren bei der Reproduktion von Farbvorgaben basieren im wesentlichen auf dem Prinzip der Farbdichtemessung mit einer direkten Separation der in dem Farbbildabtaster gewonnenen Farbwerte (R, G, B) in die Farbauszugswerte (C, M, Y, K).

Die Separation erfolgt nach den Techniken der herkömmlichen fotografischen Farbauszugsherstellung mittels der Farbmaskierung. Diese Separationen sind speziell an den verwendeten Typ des Farbbildabtastergerätes mit dessen spektraler Empfindlichkeit und Signalverzerrung angepaßt.

Die für den Druckprozeß notwendigen Korrekturen der Farbwertsignale (R, G, B) werden in der Praxis experimentell durch visuellen Vergleich zwischen Farbvorgabe und dem Druckergebnis ermittelt. Eine Anpassung der Korrekturen an andere Druckprozesse sowie an andere Farbbildabtastergeräte mit anderer spektraler Empfindlichkeit ist oft schwierig und zeitaufwendig.

Da heute vielfach die Forderung erhoben wird, verschiedene Farbbildabtaster an ein Farbbild-Bearbeitungssystem bzw. einen Farbbildabtaster an verschiedene Farbbild-Bearbeitungssysteme anzuschließen, ist die Einführung eines definierten Standards an der Schnittstelle zwischen Farbbildabtaster und Farbbild-Bearbeitung von großem Vorteil. Dazu müssen die im Farbbildabtaster erzeugten Farbwertsignale auf den jeweiligen internen Standard des Farbbild-Bearbeitungssystems hin kalibriert werden.

Aus der Literatur, beispielsweise aus der Zeitschrift "Der Druckspiegel", No. 6, 1991, Seiten 580 bis 592, Artikel "Farbe in der Bildverarbeitung" ist es schon bekannt, die in einem Farbbildabtaster gewonnenen Farbwerte eines geräteabhängigen Eingabe-Farbraumes für eine universelle Farbdarstellung durch eine Farbraumtransformation in Farbwerte eines geräteunabhängigen Kommunikations-Farbraumes zu transformieren, die entsprechenden Korrekturen anhand der transformierten Farbwerte vorzunehmen und dann die korrigierten Farbwerte durch eine weitere Farbtransformation in die entsprechenden Prozeßfarbwerte eines geräteabhängigen Ausgabe-Farbraumes umzuwandeln.

Die bekannten Verfahren zur Farbraum-Transformation basieren auf farbmétrisch definierten Werten und sind somit bei Farbbildabstastern mit undefinierten, d. h. mit nicht an den Normspektralwert-Kurven der CIE (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE; Internationale Beleuchtungskommission) angepaßten Farbfiltern, nicht anwendbar.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Einrichtung zur Kalibrierung von Farbwerten bei der Farbumsetzung anzugeben, mit denen die Transformationen von geräteabhängigen Farbräumen in geräteunabhängige Kommunikations-Farbräume verbessert werden, so daß an der Schnittstelle zwischen Farbbild-Abtastung und Farbbild-Bearbeitung eindeutige und standardisierte Farbwerte ausgetauscht werden.

Diese Aufgabe wird bezüglich des Verfahrens durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und bezüglich der Einrichtung durch die Merkmale des Patentanspruchs 19 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Fig. 1 bis 5 näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau eines Bildverarbeitungssystems,

Fig. 2 das Kommunikationsmodell eines Bildverarbeitungssystems,

Fig. 3 den schematischen Aufbau eines Farbbildabtasters,

Fig. 4 den schematischen Aufbau eines Farbumsetzers, und

Fig. 5 den Verfahrensablauf bei der Farbkalibrierung in einer prinzipiellen Darstellung.

Fig. 1 zeigt den schematischen Aufbau und den Signalfluß eines Farbbildverarbeitungssystems. Punkt- und zeilenweise abtastende Eingabegeräte sind durch einen Scanner (1) repräsentiert, flächenweise abtastende Geräte durch eine Kamera (2) und Geräte zur Erzeugung farbiger graphischer Daten wie z. B. Grafik-Design-Stationen durch eine Video-Eingabe (3). Die möglichen Ausgabegeräte sind durch einen Farbmonitor (4), einen

Farbauszugs-Recorder oder Belichter (5) sowie einen Proof-Recorder (6) angedeutet. Die in den Eingabegeräten (1, 2, 3) erzeugten Farbwerte des jeweiligen geräteabhängigen Eingabe-Farbraumes, beispielsweise die Farbwerte R, G und B des RGB-Farbraumes, werden in einem dreidimensionalen Eingabe-Farbumsetzer (7) durch eine Eingabe-Farbtransformation in Farbwerte eines geräteunabhängigen Kommunikations-Farbraumes, beispielsweise in die Farbwerte L, a und b des CIELAB-Farbraumes der CIE von 1976, umgesetzt und einer Bildbearbeitungs-Einheit (8) zugeführt. Die Eingabe-Farbumsetzung von dem geräteabhängigen Eingabe-Farbraum in den Kommunikations-Farbraum erfolgt über ein Referenz-Farbsystem.

Erfindungsgemäß wird bei der Eingabe-Farbumsetzung eine Eingabe-Kalibrierung der Farbwerte in einer vor dem eigentlichen Betrieb liegenden Einstell- oder Kalibrier-Phase vorgenommen, wobei eine genauen Anpassung der Farbräume erfolgt.

Der dreidimensionale Eingabe-Farbumsetzer (7) ist z. B. als Tabellen-Speicher (LUT) ausgebildet, in dem die Ausgangs-Farbwerte, beispielsweise die Farbwerte L, a und b, durch die funktionsmäßig zugehörigen Eingangs-Farbwerte, beispielsweise die Farbwerte R, G und B, adressierbar gespeichert sind. Die Umsetzungs-Tabelle wird vor dem eigentlichen Betrieb berechnet und über einen Eingang (9) in den Eingabe-Farbumsetzer (7) geladen.

Die Umsetzungs-Tabelle kann für alle theoretisch möglichen Farbwerte des Farbraumes oder aber in vorteilhafter Weise zunächst nur für ein Stützwert-Gerüst von grob gestuften Farbwerten berechnet werden, wobei alle für die Farbtransformation tatsächlich benötigten Farbwerte durch eine dreidimensionale Interpolations-Rechnung anhand des Stützwert-Gerüsts ermittelt werden. In diesem Fall weist der Eingabe-Farbumsetzer (7) zusätzlich eine Interpolations-Stufe auf.

Die Ausgangs-Farbwerte sind spezifisch für ein bestimmtes Eingabe- oder Ausgabegerät. Bei Austausch des Gerätes oder bei Veränderungen am Gerät muß die Umsetzungs-Tabelle neu ermittelt werden.

Der dreidimensionale Eingabe-Farbumsetzer (7) ist, wie in Fig. 1 dargestellt, eine separate Einheit, Bestandteil eines Eingabegerätes (1, 2, 3) oder Bestandteil der Bildbearbeitungs-Einheit (8).

In der Bildbearbeitungs-Einheit (8) werden die vom Anwender gewünschten Farbkorrekturen und geometrischen Bearbeitungen anhand der transformierten Farbwerte des jeweils benutzten Kommunikations-Farbraumes durchgeführt. Dazu ist die Bildbearbeitungs-Einheit (8) mit einem Bedienungsterminal (10) verbunden, mit dem der Anwender die gewünschten Farbkorrekturen durchführt. Außerdem steht die Bildbearbeitungs-Einheit (8) mit einer Kommunikations-Einheit (11) in Verbindung, in der die zu bearbeitenden Farbwerte zwischengespeichert sind.

Nach der Bildbearbeitung werden die bearbeiteten Farbwerte aus der Bildbearbeitungs-Einheit (8) ausgelesen und in einem Ausgabe-Farbumsetzer (12) durch eine Ausgabe-Farbtransformation in die Prozeßfarbwerte eines gerätespezifischen Ausgabe-Farbraumes umgesetzt, die dem jeweiligen Ausgabegerät (4, 5, 6) zugeführt werden. Bei der Ausgabe-Farbtransformation findet eine entsprechende Ausgabe-Kalibrierung statt.

Fig. 2 zeigt ein Kommunikationsmodell für ein Farbbild-Verarbeitungssystem. Als Referenz-Farbsystem (13) dient das von der CIE genormte XYZ-Farbwertsystem (CIEXYZ), das auf den visuellen Eigenschaften des menschlichen Auges basiert. Bei der Eingabe-Kalibrierung werden die Farbwerte (R, G, B) des geräteabhängigen Eingabe-Farbraumes der Eingabegeräte (1, 2, 3), im vorliegenden Fall des RGB-Farbraumes (14), zunächst in das Referenz-Farbsystem (13) transformiert. Anschließend werden die Farbwerte (X, Y, Z) des Referenz-Farbsystems (13) durch mathematisch definierte Transformationen in die Farbwerte eines auswählbaren, geräteunabhängigen Kommunikations-Farbraumes (15) umgewandelt, in dem die Bildbearbeitung stattfinden soll. Als geräteunabhängige Kommunikations-Farbräume (15) können beispielsweise die empfindungsgemäßen Farbräume YCC, YUV, YIQ, CIELAB, CIEUV oder LCH oder aber der abstrakte RGB-Farbraum bzw. ein davon abgeleiteter R'G'B'-Farbraum verwendet werden.

Nach der Bildbearbeitung erfolgt die Transformation der bearbeiteten Farbwerte des Kommunikations-Farbraumes (15) in die Prozeßfarbwerte des gerätespezifischen Ausgabe-Farbraumes, wobei wiederum eine entsprechende Ausgabe-Kalibrierung durchgeführt wird. Der Ausgabe-Farbraum ist ein geräteabhängiger RGB-Farbraum (16) für den Fall, daß das Ausgabegerät ein Farbmonitor (4) oder ein durch RGB-Farbwerte angesteuerter Proof-Recorder (6) ist. Für den Fall, daß als Ausgabegerät ein Farbauszugs-Recorder (5) oder ein durch CMYK-Farbwerte angesteuerter Proof-Recorder (6) verwendet wird, ist der Ausgabe-Farbraum ein YMCK-Farbraum (19).

Fig. 3 zeigt den schematischen Aufbau eines Farbbildabtasters zur punkt- und zeilenweisen, trichromatischen Abtastung von Aufsichts- oder Durchsichts-Farbvorlagen. Eine Lichtquelle (15) für Durchsichts-Abtastung oder eine Lichtquelle (16) für Aufsichts-Abtastung beleuchtet eine Farbvorlage (17) punkt- und zeilenweise durch eine Relativbewegung zwischen Lichtquelle (15 bzw. 16) und Farbvorlage (17). Das mit dem Bildinhalt der abgetasteten Farbvorlage (17) modulierte Abtastlicht wird mittels eines Strahlteilerblocks, der aus zwei dichroitischen Spiegeln (18) und zwei Spiegeln (19) besteht, und mittels Farbfilter (20) in drei Teilstrahlen unterschiedlicher spektraler Zusammensetzung zerlegt. Die Farbanteile "Rot" (R), "Grün" (G) und "Blau" (B) der Teilstrahlen werden in optoelektronischen Wandlern (21) in analoge Farbmeßwertsignale umgewandelt und verstärkt. Der Dynamikbereich der analogen Farbmeßwerte beträgt etwa 3 bis 4 Zehnerpotenzen. Durch eine an das visuelle Helligkeitsempfinden angepaßte Signalvorverzerrung in Verzerrungs-Stufen (22) läßt sich dieser Dynamikbereich bei Bedarf an die in der digitalen Bildsignalverarbeitung übliche Signalauflösung von z. B. 8 Bit anpassen. Die analogen Farbmeßwertsignale werden dann in A/D-Wandlern (24) in digitale Farbmeßwerte R, G und B umgewandelt und die Farbmeßwert-Tripel der abgetasteten Bildpunkte zur Weiterverarbeitung zwischengespeichert. Die Digitalisierung wird dabei so vorgenommen, daß der digitale Farbmeßwert 0 dem absoluten Schwarz (Transmission oder Reflexion 0.0) und der digitale Farbmeßwert 255 dem Referenzweiß (Transmission oder Reflexion 1.0) entspricht. Es sind aber auch andere Zuordnungen möglich, bei denen im Weiß ein Überlaufbereich vorgesehen ist. Aus den Digitalwerten lassen sich aus der Kenntnis der Übertragungsfunktion von

Transmission der Farbvorlage zu Digitalstufen die Transmissionswerte durch ein Interpolations-Verfahren zurückgewinnen.

Fig. 4 zeigt den prinzipiellen Aufbau des dreidimensionalen Eingabe-Farbumsetzers (7) mit einem dreidimensionalen Tabellen-Speicher (26), auch mit Look-Up-Table (LUT) bezeichnet, und einer Interpolations-Stufe (27) für den Fall, daß die Umsetzungs-Tabelle zunächst nur für ein Stützwertgerüst von grob gestuften Farbwerten berechnet wird und die während des Betriebes tatsächlich benötigten Ausgangs-Farbwerte durch eine dreidimensionale Interpolations-Rechnung ermittelt werden. Die zuvor berechnete, grob gestufte Umsetzungs-Tabelle wurde über den Eingang (9) des Eingabe-Farbumsetzers (7) in dem Tabellen-Speicher (26) abgelegt. Die Eingangs-Farbwerte  $E_1$ ,  $E_2$  und  $E_3$  des Eingabe-Umsetzers (7), beispielsweise die Farbwerte R, G und B, werden zunächst in einem Register (28) zwischengespeichert und für die weiteren Operationen in beispielsweise fünf höchwertige Bits (MSB) und drei niederwertige Bits (LSB) zerlegt, wobei die höchwertigen Bits dem Tabellen-Speicher (26) als Adressen und die niederwertigen Bits der Interpolations-Stufe (27) als Rechengröße zugeführt werden. In der Interpolations-Stufe (27) werden dann aus den den niederwertigen Bits und den entsprechenden Stützwerten, die der Interpolations-Stufe (27) über eine Leitung (29) zugeführt werden, Interpolationswerte berechnet. Die Interpolationswerte werden mit den Stützwerten in einem Addierer (30) zu den Ausgangs-Farbwerten  $A_1$ ,  $A_2$  und  $A_3$  des Eingabe-Farbumsetzers (7), beispielsweise zu den Farbwerte L, a und b, verknüpft und in einem Ausgangsregister (31) abgelegt.

Fig. 5 zeigt in einer prinzipiellen Darstellung den Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahren zur Farbkalibrierung bei der Umsetzung der Farbwerte eines geräteabhängigen Eingabe-Farbraumes in die Farbwerte eines vom Eingabe-Farbraum unabhängigen Kommunikations-Farbraumes.

In dem nachfolgend beschriebenen Beispiel werden die Farbwerte R, G und B des RGB-Farbraumes eines Farbbildabtasters (1) in die Farbwerte  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  des CIELAB-Farbraumes transformiert, wobei folgende Verfahrensschritte [A] bis [E] ablaufen.

#### Verfahrensschritt [A]

In einem Verfahrensschritt [A] wird eine angenäherte Umsetzungs-Tabelle für den Eingabe-Farbumsetzer (7) erstellt und in einem Tabellen-Speicher (32) des Eingabe-Farbumsetzers (7) gespeichert, indem aus Farbwerten R, G und B des RGB-Farbraumes (14) die funktionsmäßig zugehörigen Farbwerte  $L^*_j(s)$ ,  $a^*_j(s)$  und  $b^*_j(s)$  des unabhängigen CIELAB-Farbraumes (15) unter Berücksichtigung der spektralen und elektrischen Eigenschaften des Farbbildabtasters (1) näherungsweise berechnet werden. Dabei können gleichzeitig die durch unterschiedliche Farbpigmente entstehenden Metamerie-Probleme berücksichtigt werden. Die näherungsweise Berechnung der Farbwerte  $L^*_j(s)$ ,  $a^*_j(s)$  und  $b^*_j(s)$  der Umsetzungs-Tabelle wird in folgenden Schritten durchgeführt.

In einem ersten Schritt [A<sub>1</sub>] werden die eventuell verzerrten Farbwerte R, G und B des Farbbildabtasters (1) nach Gleichung (1) linearisiert.

$$(R, G, B) = f^{-1}(R, G, B) \quad [1]$$

In einem zweiten Schritt [A<sub>2</sub>] werden die Farbwerte R, G und B in die entsprechenden Normfarbwerte X, Y und Z mit Hilfe von Matrixkoeffizienten (M) matriziert nach Gleichung [2]

$$(X, Y, Z) = M(R, G, B) \quad [2]$$

In einem dritten Schritt [A<sub>3</sub>] werden die Normfarbwerte X, Y und Z unter Berücksichtigung der beleuchtenden Lichtart (Referenzweiß) entsprechend Gleichung [3] normiert.

$$(X, Y, Z) = A(X, Y, Z) \quad [3]$$

In einem vierten Schritt [A<sub>4</sub>] werden dann die Normfarbwerte X, Y und Z in die Farbwerte  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  des Kommunikations-Farbraumes (15) nach Gleichung [4] transformiert.

$$(L^*, a^*, b^*) = f(X, Y, Z) \quad [4]$$

In einem fünften Schritt [A<sub>5</sub>] werden die Farbwerte  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  schließlich entsprechend Gleichung [5] quantisiert

$$(L_q, a_q, b_q) = f(L^*, a^*, b^*) \quad [5]$$

sowie die quantisierten Farbwerte ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) in dem Tabellen-Speicher (26) des Eingabe-Farbumsetzers (7) abgespeichert.

Durch die Wahl der fünf höchwertigen Bit zur Adressierung des Tabellen-Speichers (26) ergibt sich eine Stufung der Umsetzungs-Tabelle von acht für alle drei Eingangs-Farbwerte R, G und B. Es müssen also Ausgangs-Farbwerte  $L_q$ ,  $a_q$  und  $b_q$  zu allen Kombinationen  $\{R, G, B\} = \{0, 8, 16, 248\}$  berechnet werden.

Der Berechnung der Näherungslösung nach den Schritten [A<sub>1</sub>] bis [A<sub>5</sub>] liegen folgende Zusammenhänge zugrunde.

In einem Farbbildabtasters erfolgt die Messung der Farbwerte in einer Farbvorlage im allgemeinen nach dem Dreibereichsverfahren. Die Spektralwertfunktionen der Abtasteinheit müssen denen eines Normbeobachters der CIE von 1931 oder einer geeigneten Linearkombination hiervon entsprechen. Die Spektralwertfunktionen

(r, g, b) ergeben sich wie folgt aus Gleichungen [6]:

$$\begin{aligned} r(\lambda) &= c_r \times S(\lambda) \times \tau_r(\lambda) \times R(\lambda) \\ g(\lambda) &= c_g \times S(\lambda) \times \tau_g(\lambda) \times R(\lambda) \\ b(\lambda) &= c_b \times S(\lambda) \times \tau_b(\lambda) \times R(\lambda) \end{aligned} \quad [6]$$

$r(\lambda), g(\lambda), b(\lambda)$  = Spektralwertfunktionen des Farbbildabtasters,

$c_r, c_g, c_b$  = Gerätekonstanten (Verstärkungsfaktoren),

$\tau_r, \tau_g, \tau_b$  = Spektrale Transmissionskurven der Farbfilter,

$S(\lambda), R(\lambda)$  = Spektralwertfunktionen von Lichtquelle und Lichtempfänger.

Unter Verwendung der Gleichungen [6] ergeben sich die Farbwerte R, G und durch Integration der Farbreizfunktion der Farbvorlage nach Faltung mit den Spektralwertkurven nach den Gleichungen [7] zu:

$$R = \int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} \Phi(\lambda) \times r(\lambda) \times d\lambda$$

$$G = \int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} \Phi(\lambda) \times g(\lambda) \times d\lambda \quad [7]$$

$$B = \int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} \Phi(\lambda) \times b(\lambda) \times d\lambda$$

mit

$\Phi(\lambda)$  = Farbreizfunktion der Farbvorlage.

Die Farbwerte R, G und B werden dann in der Regel durch eine Vorverzerrung an das visuelle Empfinden des menschlichen Auges angepaßt, bevor sie digitalisiert und übertragen werden. Diese Vorverzerrung muß dann bei der Berechnung der Näherungslösung gemäß Schritt [A<sub>1</sub>] vor der Transformation der Farbwerte R, G und B in die Normfarbwerte X, Y und Z rückgängig gemacht werden.

Die Transformationen der Farbwerte R, G und B in die Normfarbwerte X, Y und Z des Normfarbraumes CIE XYZ von 1931 gemäß Schritt [A<sub>2</sub>] zur Berechnung der Näherungslösung wird mit Hilfe von Matrizierungskoeffizienten M nach den Gleichungen [8] durchgeführt.

$$\begin{aligned} X &= M_{11} M_{12} M_{13} R \\ Y &= M_{21} M_{22} M_{23} G \\ Z &= M_{31} M_{32} M_{33} B \end{aligned} \quad [8]$$

Die Bestimmung der Matrizierungskoeffizienten M kann bei Kenntnis der Spektralfunktionen der Abtasteinheit durch eine Anpaßrechnung erfolgen. Sind die Spektralfunktionen nicht bekannt, müssen die Matrizierungskoeffizienten M experimentell durch Ausmessen von farbmessig definierten Farbfeldern einer Farbtafel bestimmt werden.

Im vorliegenden Beispiel erfolgt die Bestimmung der Matrizierungskoeffizienten M durch Anpassung der Spektralwertfunktionen, wobei die Anpassung derart erfolgt, daß die Summe der Fehlerquadrate über eine große Anzahl von spektralen Stützpunkten minimal wird. Die Bestimmung der Matrizierungskoeffizienten M erfolgt nach den Gleichungen [9] wie folgt:

$$\begin{aligned} \sum_i (M_{11} \times r_i + M_{12} \times g_i + M_{13} \times b_i - x_i)^2 &= \text{Min} \\ \sum_i (M_{21} \times r_i + M_{22} \times g_i + M_{23} \times b_i - y_i)^2 &= \text{Min} \\ \sum_i (M_{31} \times r_i + M_{32} \times g_i + M_{33} \times b_i - z_i)^2 &= \text{Min} \end{aligned} \quad [9]$$

mit

$r_i, g_i, b_i$  = Stützwerte der Spektralfunktion des Farbbildabtasters

$x_i, y_i, z_i$  = Stützwerte der Normspektralwertfunktionen der CIE von 1931 XYZ,

und

$i$  = Spektralstützpunkt im Bereich von 380 nm bis 780 nm mit 10 nm Intervall.

Die Bestimmung der Matrizierungskoeffizienten M ist numerisch einfach und wird durch Variation der Koeffizienten durchgeführt, wobei anschließend derart normiert wird, daß für R, G, B = 1.0 Normfarbwerte X, Y, Z = 1.0 erreicht werden. Durch diesen Abgleich der Farbwerte auf gleiche Signalpegel bei einem Referenzweiß werden Normfarbwerte ermittelt, die auf die Lichtart E des energiegelichen Spektrums bezogen sind. Wird eine der in der Reproduktionstechnik üblichen Lichtarten als Weißbezug gewünscht, so muß dies durch die aus der Literatur bekannte "von Kries"-Transformation zur Farbumstimmung durchgeführt werden. Dies geschieht durch eine erneute Matrizierung der XYZ-Farbwerte. Diese Matrix kann mit der in den Gleichungen [8]

angegebenen Matrix zusammengerechnet werden.

Die Transformation der Normfarbwerte X, Y und Z des Normfarbraumes CIEXYZ in die Farbwerte  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  des CIELAB-Farbraumes gemäß Schritt [A<sub>4</sub>] zur Berechnung der Näherungslösung wird nach Gleichungen [10] wie folgt durchgeführt:

$$\begin{aligned} L^* &= 116 \times f(Y/Y_n) - 16 \\ a^* &= 500 \times [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \\ b^* &= 200 \times [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)] \quad [10] \end{aligned}$$

mit

$$\begin{aligned} f(X/X_n) &= (X/X_n)^{1/3} && \text{für } X/X_n > 0,008856 \\ &= 7,787 \times (X/X_n) + 16/116 && \text{für } X/X_n < 0,008856 \\ f(Y/Y_n) &= (Y/Y_n)^{1/3} && \text{für } Y/Y_n > 0,008856 \\ &= 7,787 \times (Y/Y_n) + 16/116 && \text{für } Y/Y_n < 0,008856 \\ f(Z/Z_n) &= (Z/Z_n)^{1/3} && \text{für } Z/Z_n > 0,008856 \\ &= 7,787 \times (Z/Z_n) + 16/116 && \text{für } Z/Z_n < 0,008856 \end{aligned}$$

und  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$  als Weißreferenz der gewünschten Lichtart.

Für andere Farb Räume werden die zuvor erläuterten Berechnungen äquivalent durchgeführt.

Die nach Gleichung [10] berechneten Farbwerte  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  müssen auf die vorhandenen Digitalstufen der internen Darstellung abgebildet werden. Der Wertebereich der Helligkeit  $L^*$  liegt zwischen 0 und 100, der Wertebereich der Buntheiten  $a^*$  und  $b^*$  von Körperfarben erfahrungsgemäß zwischen -100 und +100. Bei einer internen Auflösung von 8 Bit bzw. 256 Digitalstufen sind die genannten Wertebereiche hierauf abzubilden.

Die Helligkeit  $L^*$  kann mit Hilfe eines Skalierungsfaktors auf den vollen Umfang der Digitalstufen abgebildet werden. Bei den Buntheiten  $a^*$  und  $b^*$  ist je nach Implementierung der Interpolationsschritte des Farbumsetzers eine Verschiebung des Nullpunktes notwendig, um ausschließlich mit positiven Werten zu arbeiten. Eine mögliche Quantisierung kann nach Gleichung [11] erfolgen:

$$\begin{aligned} L_q &= [L_f \times L^*] \\ a_q &= [a_f \times a^*] + a_n \\ b_q &= [b_f \times b^*] + b_n \quad [11] \end{aligned}$$

mit

$L_q$ ,  $a_q$ ,  $b_q$  = Quantisierte CIELAB-Farbwerte  
 $L_f$ ,  $a_f$ ,  $b_f$  = Quantisierungsfaktoren  
 $a_n$ ,  $b_n$  = Nullpunkt-Offset  
 $[...]$  = Rundungsfunktion auf nächste ganze Zahl

und

$$L_f = 255/100, a_f, b_f = 100/128, a_n, b_n = 128$$

#### Verfahrensschritt [B]

In einem Verfahrensschritt [B] wird eine geeignete Testvorlage (33), welche eine Anzahl (j) von definierten Testfarben enthält, mit dem Farbbildabtaster (1) optoelektronisch abgetastet, wobei die Testvorlage (33) jeweils dieselben Materialeigenschaften wie die mit dem Farbbildabtaster (1) später abzutastende Farbvorlage (17) aufweist und die dabei gewonnenen Farbwerte R, G und B des RGB-Farbraumes (14) anhand der im Verfahrensschritt [A] ermittelten und in dem Tabellen-Speicher (32) des Eingabe-Farbumsetzers (7) abgelegten Umsetzungs-Tabelle in die funktionsmäßig zugeordneten Farbwerte  $L^*_j(s)$ ,  $a^*_j(s)$  und  $b^*_j(s)$  des Kommunikations-Farbraumes (15) umgerechnet.

Als Testvorlage (33) kann beispielsweise eine Farbtafel mit einer Anzahl (j) von Farbfeldern verwendet werden, wie z. B. die Farbtafeln der Firma Kodak (Q60-A, -B, -C). Die Anzahl der Farbfelder und ihre Häufigkeitsverteilung muß für das Kalibrierverfahren geeignet gewählt werden. Die Farbfelder sollten visuell gleichverteilt den Farbraum der Farbvorlage abdecken, vorzugsweise den Bereich wenig bunter Farben überproportional abdecken, da wenig bunte Farben häufiger als stark bunte Farben auftreten. Die Farbfelder werden in ihrem Helligkeitsumfang an den des in der Näherungslösung erhaltenen Umfangs angepaßt. Dies wird zweckmäßigerweise am hellsten Farbfeld der Testvorlage vorgenommen. Der Anpaßfaktor kann für eine Berechnung absoluter Vorlagenfarbwerte gespeichert werden.

#### Verfahrensschritt [C]

In einem Verfahrensschritt [C] werden die Testfarben der Testvorlage (33) mittels eines Spektralphotometers (34) als Normfarbwerte X, Y und Z für eine vorgegebene Lichtart ausgemessen und die Normfarbwerte X, Y und Z in einem Farbumsetzer (35) in die farbmétrisch exakten Farbwerte  $L^*_j(m)$ ,  $a^*_j(m)$  und  $b^*_j(m)$  des Kommunikations-Farbraumes (15) umgerechnet.

Anstelle eines Spektralphotometers kann auch ein Colorimeters oder ein entsprechend kalibriertes Eingabegerät, insbesondere ein Farbbabtaster (1), verwendet werden.



## Verfahrensschritt [D]

In einem Verfahrensschritt [D] werden dann die im Verfahrensschritt [A] ermittelten Farbwerte  $L^*_j(s)$ ,  $a^*_j(s)$  und  $b^*_j(s)$  der Testfarben mit den im Verfahrensschritt [C] ermittelten Farbwerten  $L^*_j(m)$ ,  $a^*_j(m)$  und  $b^*_j(m)$  der entsprechenden Testfarben in einem Vergleich (36) miteinander verglichen und aus dem Vergleich Farbdifferenzwerte  $L^*_j(m) - L^*_j(s)$ ,  $a^*_j(m) - a^*_j(s)$  und  $b^*_j(m) - b^*_j(s)$  ermittelt.

## Verfahrensschritt [E]

In einem Verfahrensschritt [E] werden dann aus den Farbdifferenzwerten  $L^*_j(m) - L^*_j(s)$ ,  $a^*_j(m) - a^*_j(s)$  und  $b^*_j(m) - b^*_j(s)$  Korrekturfarmwerte  $\delta L^*_{rgb}$ ,  $\delta a^*_{rgb}$  und  $\delta b^*_{rgb}$  in Form einer Korrekturwert-Tabelle berechnet und die korrigierten Farbwerte  $L^*_{KOR}$ ,  $a^*_{KOR}$  und  $b^*_{KOR}$  in einer Korrekturwert-Stufe (37) durch eine gewichtete Addition von Korrekturfarmwerten  $\delta L^*_{rgb}$ ,  $\delta a^*_{rgb}$  und  $\delta b^*_{rgb}$  und Farbwerte  $L^*_j(s)$ ,  $a^*_j(s)$  und  $b^*_j(s)$  der angenäherten Umsetzungs-Tabelle nach Gleichung [12] ermittelt.

$$\begin{aligned} L^*_{KOR} &= L^*_{rgb} + \delta L^*_{rgb} \\ a^*_{KOR} &= a^*_{rgb} + \delta a^*_{rgb} \\ b^*_{KOR} &= b^*_{rgb} + \delta b^*_{rgb} \quad [12] \end{aligned}$$

Zur Ermittlung der korrigierten Farbwerte  $L^*_{KOR}$ ,  $a^*_{KOR}$  und  $b^*_{KOR}$  können zwei Wege beschritten werden. Zum ersten können die Korrekturfarmwerte  $\delta L^*_{rgb}$ ,  $\delta a^*_{rgb}$  und  $\delta b^*_{rgb}$  gespeichert und dann während der eigentlichen Vorlagenabstimmung nach der Kalibrier-Phase den Farbwerten  $L^*_j(s)$ ,  $a^*_j(s)$  und  $b^*_j(s)$  der Umsetzungs-Tabelle laufend in der Korrekturwert-Stufe (37) hinzuaddiert werden. Zum zweiten kann die Addition der Korrekturfarmwerte  $\delta L^*_{rgb}$ ,  $\delta a^*_{rgb}$  und  $\delta b^*_{rgb}$  und der Farbwerte  $L^*_j(s)$ ,  $a^*_j(s)$  und  $b^*_j(s)$  in der Kalibrier-Phase erfolgen. Die korrigierten Farbwerte  $L^*_{KOR}$ ,  $a^*_{KOR}$  und  $b^*_{KOR}$  werden dann in der Korrekturwert-Stufe (37) gespeichert und während der Vorlagenabstimmung aus der Korrekturwert-Stufe (37) ausgelesen und weiterverarbeitet.

In zweckmäßiger Weise werden die Farbwerte  $L^*_j(s)$ ,  $a^*_j(s)$  und  $b^*_j(s)$  der näherungsweise Umsetzungs-Tabelle und die zugehörigen Korrekturfarmwerte  $\delta L^*_{rgb}$ ,  $\delta a^*_{rgb}$  und  $\delta b^*_{rgb}$  nur für ein Stützgerüst des theoretisch möglichen Farbraumes berechnet und die bei der späteren laufenden Farbumsetzung tatsächlich benötigten korrigierten Farbwerte  $L^*_{KOR}$ ,  $a^*_{KOR}$  und  $b^*_{KOR}$  durch Interpolation im Stützgerüst ermittelt.

Bei einem Stützgerüst mit beispielsweise  $32 \times 32 \times 32 = 32768$  Stützpunkten für die Farbwerte ist es zweckmäßig, die Eingabe-Farbkabrierung nach einem Ausgleichs-Verfahren mit einer geringeren Anzahl von Farbwerten durchzuführen.

Die Berechnung der Korrekturfarmwerte  $\delta L^*_{rgb}$ ,  $\delta a^*_{rgb}$  und  $\delta b^*_{rgb}$  nach dem Ausgleichs-Verfahren erfolgt in vorteilhafter Weise durch eine farbmetrischer Abstandsbewertung mittels einer Gewichtungs- oder Abstands-Funktion  $f(rgb, i)$  gemäß Gleichung [13].

$$\begin{aligned} \delta L^*_{rgb} &= \frac{\sum \{f(rgb, i) \times (L^*_i(m) - L^*_i(s))\}}{\sum \{f(rgb, i)\}} \\ \delta a^*_{rgb} &= \frac{\sum \{f(rgb, i) \times (a^*_i(m) - a^*_i(s))\}}{\sum \{f(rgb, i)\}} \\ \delta b^*_{rgb} &= \frac{\sum \{f(rgb, i) \times (b^*_i(m) - b^*_i(s))\}}{\sum \{f(rgb, i)\}} \quad [13] \end{aligned}$$

wobei bedeuten:

$\delta L^*_{rgb}$ ,  $\delta a^*_{rgb}$ ,  $\delta b^*_{rgb}$  = Korrekturfarmwerte  
 $L^*_j(s)$ ,  $a^*_j(s)$ ,  $b^*_j(s)$  = Exakte Farbwerte einer Testfarbe i  
 $L^*_j(m)$ ,  $a^*_j(m)$ ,  $b^*_j(m)$  = genäherte Farbwerte einer Testfarbe i und  
 $f(rgb, i)$  = Abstands-Funktion

Dabei läuft die Summation i über alle Farbfelder der Testvorlage (33).

Die Abstands-Funktion  $f(rgb, i)$  ist in zweckmäßiger Weise eine inverse Funktion 4. Ordnung nach Gleichung [14].

$$f(rgb, i) = 1 / [(L^*_{rgb} - L^*_i(m))^2 + (a^*_{rgb} - a^*_i(m))^2 + (b^*_{rgb} - b^*_i(m))^2] \quad [14]$$

Die Abstand-Funktion  $f(rgb, i)$  berücksichtigt Farbfelder der Testvorlage (33) in der Nähe des aktuellen Stützpunktes stärker als weiter entfernte Farbfelder. Die Wahl der Abstands-Funktion bestimmt die Güte und Konvergenz des Verfahrens. Mittelwert und Standardabweichung als Kennzeichen für die Qualität der Farbumsetzung können mit den bekannten Methoden ermittelt werden.

Damit ist die Farbkabrierung abgeschlossen und die eigentliche Abstimmung der zu reproduzierenden Farbvorgabe kann beginnen. Stellt sich dabei heraus, daß die Fehler und die Standardabweichung bei einem bestimmten Anwendungsfall zu groß ist, kann die Farbkabrierung mit einer neuen angenäherten Umsetzungs-Tabelle wiederholt werden bis die gewünschte Abweichung erreicht bzw. unterschritten ist.

## Literatur

- Richter, M., Einführung in die Farbmetrik, deGruyter-Verlag Berlin 1981  
 Hunt, R. W. G., Measuring Color, J. Wiley & Sons 1989  
 CIE-Publikation No. 15.2 (1986) Colorimetry, Central Bureau of the CIE, Wien

## Patentansprüche

Verfahren zur Kalibrierung bei der Umsetzung von Farbwerten eines ersten Farbraumes in die Farbwerte eines zweiten Farbraumes in Geräten und Systemen für die Farbbildverarbeitung, **dadurch gekennzeichnet**, daß

- aus Farbwerten  $[R, G, B]$  des einem Eingabegerät (1, 2, 3) zugeordneten, ersten Farbraumes (14) die funktionsmäßig zugehörigen Farbwerte  $[L^*(s), a^*(s), b^*(s)]$  des vom ersten Farbraum (14) unabhängigen zweiten Farbraumes (15) (Kommunikations-Farbraum) unter Berücksichtigung der spektralen und elektrischen Eigenschaften des Eingabegerätes (1, 2, 3) in Form einer Umsetzungs-Tabelle näherungsweise berechnet und gespeichert werden,
  - zur Gewinnung von Farbwerten  $[R, G, B]$  des ersten Farbraumes (14) eine Anzahl (j) definierter Testfarben enthaltene Testvorlage (33) mit dem Eingabegerät (1, 2, 3) optoelektronisch abgetastet wird, wobei die Testvorlage (33) jeweils dieselben Materialeigenschaften wie die mit dem Eingabegerät (1, 2, 3) abzutastende Farbvorlage (17) aufweist,
  - die durch Abtasten der Testfarben gewonnenen Farbwerte  $[R, G, B]$  des ersten Farbraumes (14) anhand der Umsetzungs-Tabelle in die funktionsmäßig zugeordneten Farbwerte  $[L^*(j), a^*(j), b^*(j)]$  des zweiten Farbraumes (15) umgerechnet werden,
  - die durch Abtasten der Testfarben und Umrechnung gewonnenen Farbwerte  $[L^*(j), a^*(j), b^*(j)]$  mit den für eine vorgegebene Lichtart farbmétrisch exakt gemessenen Farbwerten  $[L^*(m), a^*(m), b^*(m)]$  der entsprechenden Testfarben verglichen werden, und
  - aus den durch Vergleich der Farbwerte  $[L^*(j), a^*(j), b^*(j)]$  und  $[L^*(m), a^*(m), b^*(m)]$  der Testfarben gewonnenen Farbdifferenzwerten Korrekturfarmwerte  $[\delta L^*_{rgb}, \delta a^*_{rgb}, \delta b^*_{rgb}]$  für die in der Umsetzungs-Tabelle gespeicherten Farbwerte  $[L^*(s), a^*(s), b^*(s)]$  nach einem Ausgleichs-Verfahren berechnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Testvorlage (33) eine Farbtafel mit farbmétrisch definierten Farbfeldern ist.
  3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Testfarben der Farbfelder im Farbraum visuell gleichabständig gewählt sind.
  4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die farbmétrisch exakten Farbwerte  $[L^*(m), a^*(m), b^*(m)]$  der Testfarben mittels eines Spektralphotometers (34), eines Colorimeters oder eines entsprechend kalibrierten Eingabegerätes (1, 2, 3), insbesondere Farbbastasters, ausgemessen werden.
  5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die mit dem Eingabegerät (1, 2, 3) gewonnenen Farbwerte  $(R, G, B)$  vor ihrer Farbumsetzung vorverzerrt werden.
  6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturfarmwerte  $[\delta L^*_{rgb}, \delta a^*_{rgb}, \delta b^*_{rgb}]$  gespeichert und während der laufenden Farbumsetzung nach der Farbkalibrierung den gespeicherten Farbwerten  $[L^*(s), a^*(s), b^*(s)]$  der Umsetzungs-Tabelle vorzeichenrichtig hinzuaddiert werden, um die korrigierten Farbwerte  $[L^*_{KOR}, a^*_{KOR}, b^*_{KOR}]$  zu erhalten.
  7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturfarmwerte  $[\delta L^*_{rgb}, \delta a^*_{rgb}, \delta b^*_{rgb}]$  vor der laufenden Farbumsetzung den gespeicherten Farbwerten  $[L^*(s), a^*(s), b^*(s)]$  der Umsetzungs-Tabelle vorzeichenrichtig hinzuaddiert werden, um die korrigierten Farbwerte  $[L^*_{KOR}, a^*_{KOR}, b^*_{KOR}]$  einer korrigierten Umsetzungs-Tabelle für die laufende Farbumsetzung zu erhalten.
  8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Farbwerte der Umsetzungs-Tabelle als dreidimensionale Look-Up-Table (LUT) gespeichert werden.
  9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingabegerät (1, 2, 3) eine Farbkamera oder ein Farbbildabtaster (Farbscanner) zur trichromatischen Abtastung von Farbvorlagen (17) ist.
  10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Farbwerte  $[L^*(s), a^*(s), b^*(s)]$  der näherungsweise Umsetzungs-Tabelle und die zugehörigen Korrekturfarmwerte  $[\delta L^*_{rgb}, \delta a^*_{rgb}, \delta b^*_{rgb}]$  nur für ein Stützgerüst des theoretisch möglichen Farbraumes berechnet werden und die bei der späteren laufenden Farbumsetzung tatsächlich benötigten korrigierten Farbwerte  $[L^*_{KOR}, a^*_{KOR}, b^*_{KOR}]$  durch Interpolation im Stützgerüst ermittelt werden.
  11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die näherungsweise Berechnung der Farbwerte  $[L^*(s), a^*(s), b^*(s)]$  der Umsetzungs-Tabelle in folgenden Schritten durchgeführt wird:
    - Linearisieren der eventuell vorverzerrten Farbwerte  $(R, G, B)$  des ersten Farbraumes (14),
    - Matrixierung der Farbwerte  $(R, G, B)$  in die entsprechenden Normfarbwerte  $(X, Y, Z)$  mit Hilfe von Matrixkoeffizienten (M),
    - Normieren der Normfarbwerte  $(X, Y, Z)$  unter Berücksichtigung der beleuchtenden Lichtart, und
    - Transformieren der Normfarbwerte  $(X, Y, Z)$  in die Farbwerte  $(L, a, b)$  des zweiten Farbraumes (15).
  12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß als zweiter Farbraum (15) ein empfindungsgemäß gleichabständiger Farbraum, beispielsweise der CIELAB-Farbraum, gewählt wird.
  13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Matrixkoeffizienten (M) bei Kenntnis der Spektralfunktion des Eingabegerätes durch eine Anpassungsrechnung ermittelt werden, wobei die Anpassung derart erfolgt, daß die Summe der Fehlerquadrate über eine große Anzahl von spektralen Stützpunkten minimal ist.
  14. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Matrixkoeffizienten (M) durch Ausmessen der farbmétrisch definierten Testfarben ermittelt werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die KorrekturfARBwerte  $[\delta L^*_{rgb}, \delta a^*_{rgb}, \delta b^*_{rgb}]$  aus den näherungsweise berechneten Farbwerten  $[L^*_j(s), a^*_j(s), b^*_j(s)]$  und den farbmétrisch exakt gemessenen Farbwerten  $[L^*_j(m), a^*_j(m), b^*_j(m)]$  der Testfarben mit farbmétrischer Abstandsbewertung durch eine Abstands-Funktion  $[f(rgb, i)]$  berechnet werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß  
 – die KorrekturfARBwerte  $[\delta L^*_{rgb}, \delta a^*_{rgb}, \delta b^*_{rgb}]$  aus den näherungsweise berechneten Farbwerten  $[L^*_j(s), a^*_j(s), b^*_j(s)]$  und den farbmétrisch exakt gemessenen Farbwerten  $[L^*_j(m), a^*_j(m), b^*_j(m)]$  der Testfarben mit farbmétrischer Abstandsbewertung durch eine Abstands-Funktion  $[f(rgb, i)]$  nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$\begin{aligned}\delta L^*_{rgb} &= \sum \{f(rgb, i) \times (L^*_i(m) - L^*_i(s))\} / \sum \{f(rgb, i)\} \\ \delta a^*_{rgb} &= \sum \{f(rgb, i) \times (a^*_i(m) - a^*_i(s))\} / \sum \{f(rgb, i)\} \\ \delta b^*_{rgb} &= \sum \{f(rgb, i) \times (b^*_i(m) - b^*_i(s))\} / \sum \{f(rgb, i)\}\end{aligned}$$

– und die korrigierten Farbwerte  $[L^*_{KOR}, a^*_{KOR}, b^*_{KOR}]$  aus den Farbwerten  $(L^*_{rgb}, a^*_{rgb}, b^*_{rgb})$  und den KorrekturfARBwerten  $[\delta L^*_{rgb}, \delta a^*_{rgb}, \delta b^*_{rgb}]$  durch Addition nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$\begin{aligned}L^*_{KOR} &= L^*_{rgb} + \delta L^*_{rgb} \\ a^*_{KOR} &= a^*_{rgb} + \delta a^*_{rgb} \\ b^*_{KOR} &= b^*_{rgb} + \delta b^*_{rgb}\end{aligned}$$

wobei bedeuten:

$L^*_{rgb}, a^*_{rgb}, b^*_{rgb}$  = transformierte R, G, B-Farbwerte  
 $\delta L^*_{rgb}, \delta a^*_{rgb}, \delta b^*_{rgb}$  = KorrekturfARBwerte  
 $L^*_j(s), a^*_j(s), b^*_j(s)$  = Exakte Farbwerte einer Testfarbe i  
 $L^*_j(m), a^*_j(m), b^*_j(m)$  = genäherte Farbwerte einer Testfarbe i  
 $f(rgb, i)$  = Abstands-Funktion

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß als Abstands-Funktion eine Funktion 4. Ordnung der Form:

$$f(rgb, i) = 1/[L^*_{rgb} - L^*_i(m)]^2 + (a^*_{rgb} - a^*_i(m))^2 + (b^*_{rgb} - b^*_i(m))^2]^2$$

gewählt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Stützpunkte in der Umsetzungs-Tabelle kleiner als die Anzahl der Stützpunkte der korrigierten Umsetzungs-Tabelle ist und die KorrekturfARBwerte  $[\delta L^*_{rgb}, \delta a^*_{rgb}, \delta b^*_{rgb}]$  durch Interpolation ermittelt werden.

19. Einrichtung zur Kalibrierung bei Geräten und Systemen für die Farbbildverarbeitung mit, bestehend aus einem Eingabegerät zur Erzeugung von Farbwerten eines ersten Farbraumes, einem an das Eingabegerät angeschlossenen Farbumsetzer zur Umsetzung der Farbwerte des ersten Farbraumes in die Farbwerte eines zweiten Farbraumes, gekennzeichnet durch

– einen ersten Tabellen-Speicher (32) zur Ablage der aus den Farbwerten  $[R, G, B]$  des dem Eingabegerät (1, 2, 3) zugeordneten, ersten Farbraumes (14) näherungsweise berechneten Farbwerten  $[L^*_j(s), a^*_j(s), b^*_j(s)]$  des vom ersten Farbraum (14) unabhängigen zweiten Farbraumes (15) (Kommunikations-Farbraum) unter Berücksichtigung der spektralen und elektrischen Eigenschaften des Eingabegerätes (1, 2, 3) in Form einer Umsetzungs-Tabelle, und zur Umsetzung der durch optoelektronische Abtastung einer definierten Testfarben enthaltenen Testvorlage (33) mit dem Eingabegerät (1, 2, 3) gewonnenen Farbwerte  $[R, G, B]$  in die funktionsmäßig zugehörigen Farbwerte  $[L^*_j(s), a^*_j(s), b^*_j(s)]$  des zweiten Farbraumes (15), wobei die Testvorlage (33) jeweils dieselben Materialeigenschaften wie die mit dem Eingabegerät (1, 2, 3) abzutastenden Farbvorlage (17) aufweist,

– einer Vergleichs-Einrichtung (36), deren erster Eingang an den Ausgang des ersten Tabellen-Speicher (32) angeschlossen ist, zum Vergleichen der durch Abtasten der Testfarben und Umrechnung gewonnenen Farbwerte  $[L^*_j(s), a^*_j(s), b^*_j(s)]$  mit den am zweiten Eingang der Vergleichs-Einrichtung (36) anstehenden, für eine vorgegebene Lichtart farbmétrisch exakt gemessenen Farbwerten  $[L^*_j(m), a^*_j(m), b^*_j(m)]$  der entsprechenden Testfarben und durch

– eine Korrektur-Einrichtung (37), deren erster Eingang an den Ausgang des ersten Tabellen-Speicher (32) und deren zweiter Eingang an den Ausgang der Vergleichs-Einrichtung (36) angeschlossen ist, zur Gewinnung von KorrekturfARBwerten  $[\delta L^*_{rgb}, \delta a^*_{rgb}, \delta b^*_{rgb}]$  aus den durch Vergleich der Farbwerte  $[L^*_j(s), a^*_j(s), b^*_j(s)]$  und  $[L^*_j(m), a^*_j(m), b^*_j(m)]$  der Testfarben gewonnenen Farbdifferenzwerten und zur Erzeugung von korrigierten Farbwerten  $[L^*_{KOR}, a^*_{KOR}, b^*_{KOR}]$  für die Farbumsetzung.

20. Einrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur-Einrichtung (37) einem zweiten Tabellenspeicher zur Ablage der korrigierten Farbwerte  $[L^*_{KOR}, a^*_{KOR}, b^*_{KOR}]$  aufweist.

21. Einrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur-Einrichtung (37) einen Interpolator aufweist.

22. Einrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingabegerät (1, 2, 3) eine Kamera oder ein Farbabtaster (Farbscanner) zur optoelektronischen Abtastung von Farbvorlagen (17)

ist.

23. Einrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß zur farbmétrischen Ausmessung der Testfarben der Testvorlage (33) eine Farbmeß-Einrichtung (34, 35) vorgesehen ist, deren Ausgang an den zweiten Eingang der Vergleichs-Einrichtung (36) angeschlossen ist.

24. Einrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Farbmeß-Einrichtung (34, 35) einen Farbumsetzer (35) aufweist.

25. Einrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß als Farbmeß-Einrichtung (34, 35) ein Colorimeter, ein Spektralphotometer oder ein entsprechend kalibriertes Eingabegerät, vorzugsweise ein Farbabtaster, verwendet wird.

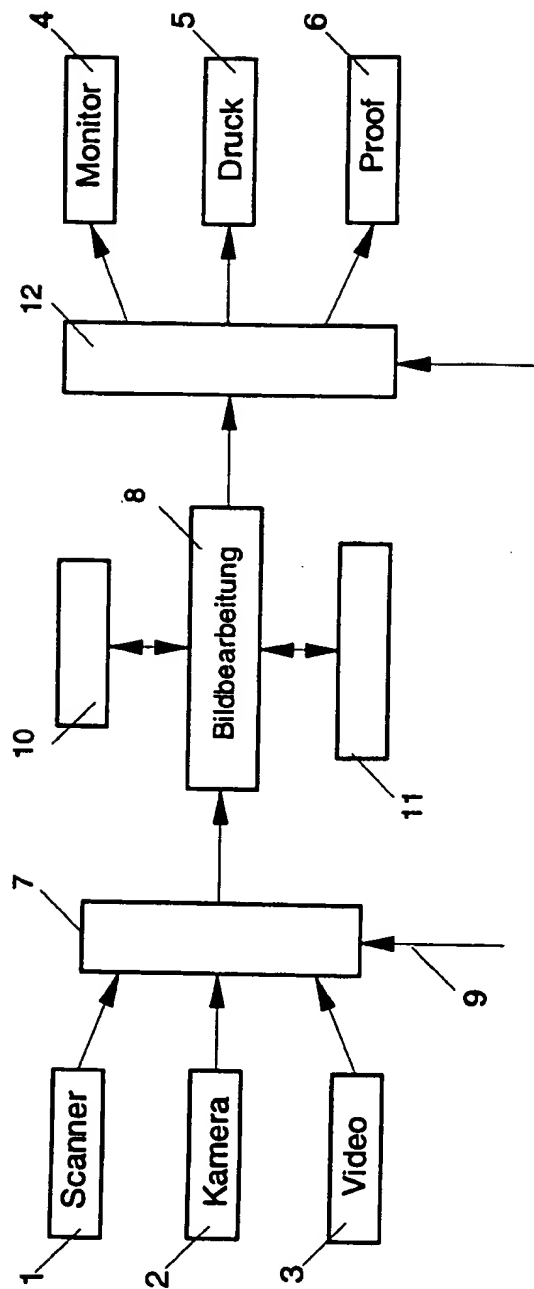
---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

Fig. 1



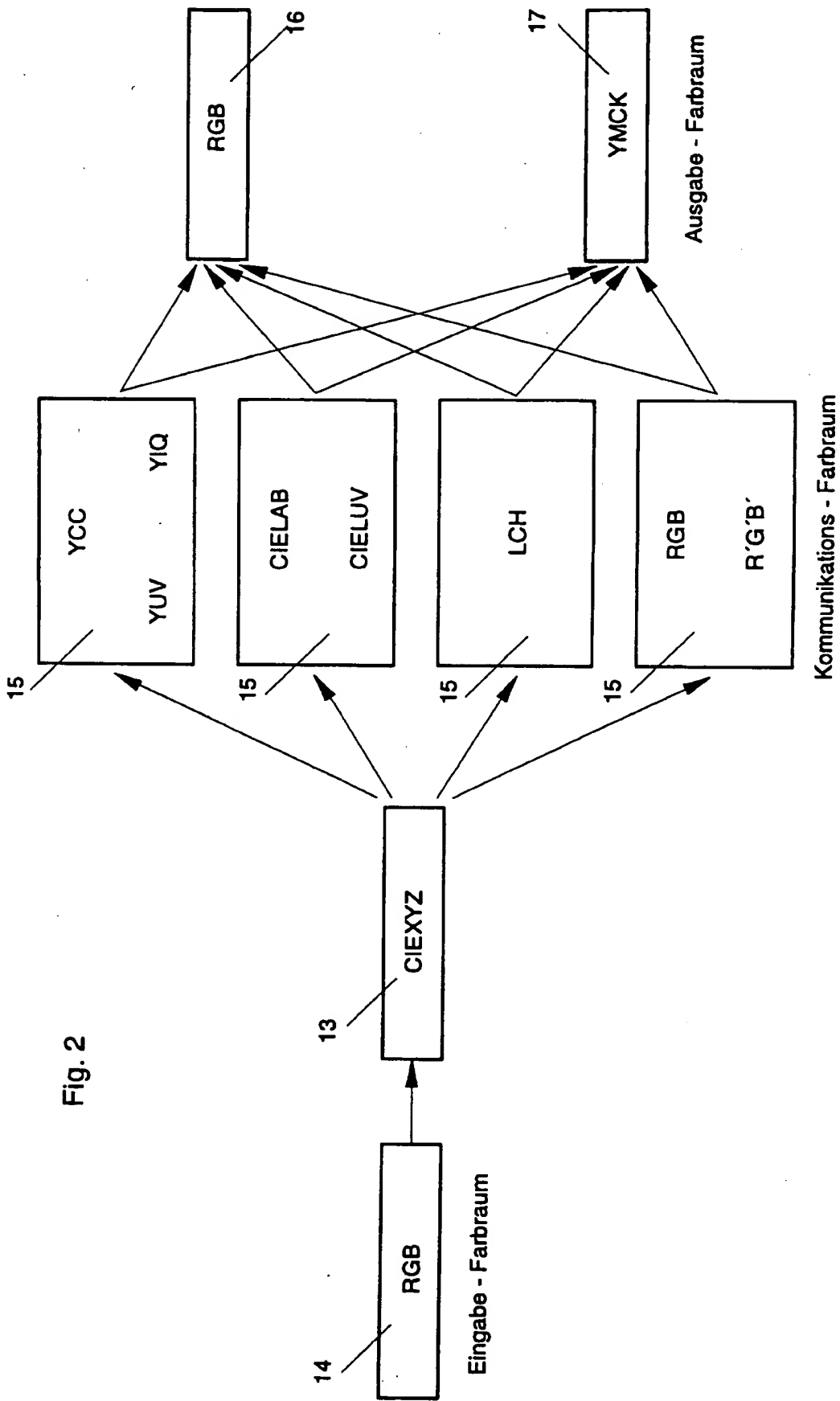


Fig. 2

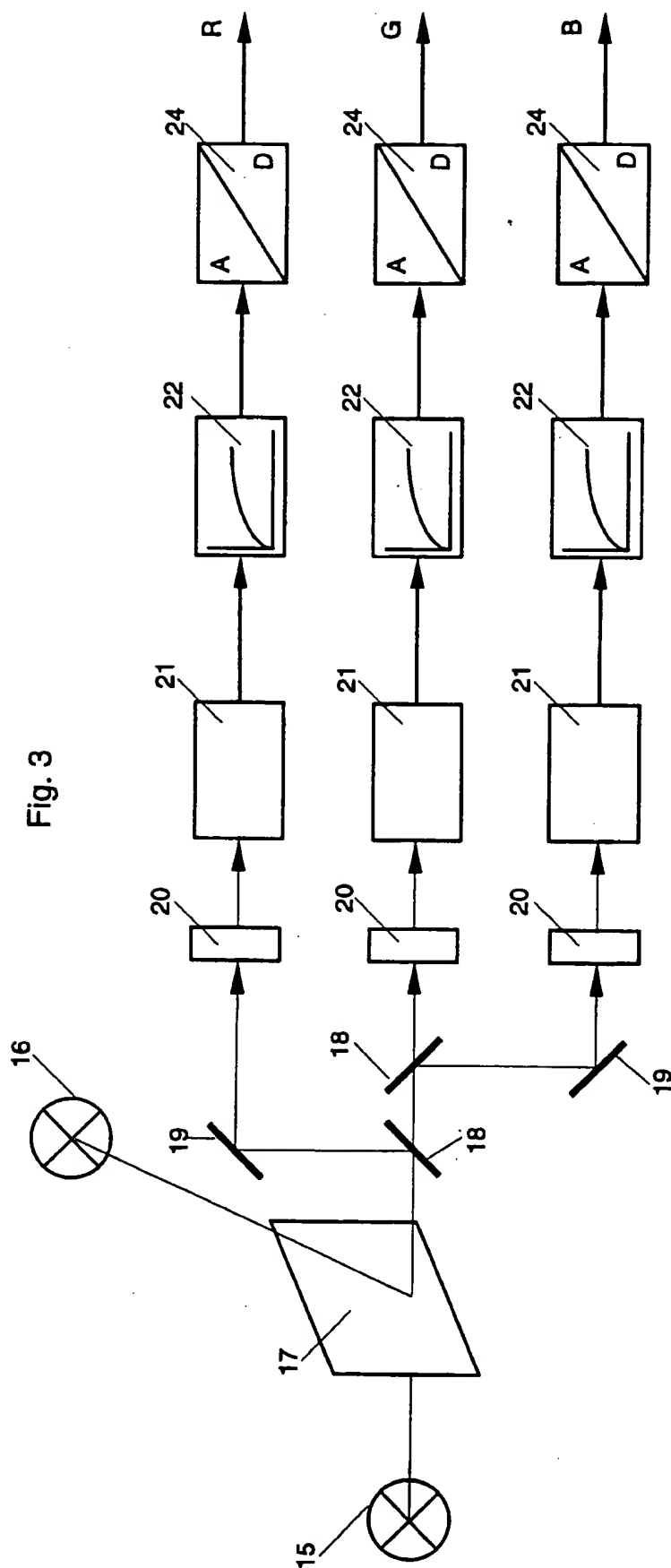




Fig. 4

